

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6024218号  
(P6024218)

(45) 発行日 平成28年11月9日(2016.11.9)

(24) 登録日 平成28年10月21日(2016.10.21)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 F 9/009 (2006.01)

A 6 1 F 9/009

A 6 1 B 3/10 (2006.01)

A 6 1 B 3/10

W

請求項の数 5 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2012-126625 (P2012-126625)  
 (22) 出願日 平成24年6月2日(2012.6.2)  
 (65) 公開番号 特開2013-248303 (P2013-248303A)  
 (43) 公開日 平成25年12月12日(2013.12.12)  
 審査請求日 平成27年5月29日(2015.5.29)

(73) 特許権者 000135184  
 株式会社ニデック  
 愛知県蒲郡市拾石町前浜 3 4 番地 1 4  
 (72) 発明者 田中 真樹  
 愛知県蒲郡市拾石町前浜 3 4 番地 1 4 株  
 式会社ニデック拾石工場内  
 (72) 発明者 羽根渕 昌明  
 愛知県蒲郡市拾石町前浜 3 4 番地 1 4 株  
 式会社ニデック拾石工場内

審査官 川島 徹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】眼科用レーザー手術装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

手術用のレーザー光をターゲット位置に照射させる照射光学系であってレーザー光のスポットを 3 次元的に移動させる移動光学系を有するレーザー照射光学系を内蔵する装置本体を備え、装置本体に設けられたレーザー照射口を介してレーザー光により術眼を手術する眼科用レーザー手術装置において、

前記装置本体に取り付けられた眼球固定ユニットと、  
 前記眼球固定ユニットを術眼に対して移動させる移動ユニットと、  
 術眼の断層像を取得する断層像取得ユニットと、  
前記眼球固定ユニットの位置を検出するためのセンサと、

前記断層像取得ユニットによって取得された断層像に基づいて術眼の位置を特定し、特定した前記術眼の位置と、前記センサによって検出された前記眼球固定ユニットの位置とに基づいて前記移動ユニットを制御することで、術眼に対して前記眼球固定ユニットをアライメントする制御ユニットと、  
 を備える、ことを特徴とする眼科用レーザー手術装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の眼科用レーザー手術装置において、

前記制御ユニットは、前記断層像取得ユニットによって取得された断層像から術眼の角膜頂点位置又は瞳孔中心位置を前記術眼の軸として特定し、前記眼球固定ユニットの中心軸と前記術眼の軸とが一致するように前記眼球固定ユニットを X Y 方向にアライメントす

10

20

ることを特徴とする眼科用レーザー手術装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は請求項 2 の眼科用レーザー手術装置において、

前記眼球固定ユニットの内側に配置され、術眼と角膜の少なくとも一部を覆う透光性の光学部材を持つインターフェースユニットを備え、

前記移動ユニットは、前記インターフェースユニットを術眼に対して移動可能であり、

前記制御ユニットは、前記断層像の画像処理によって検出された前記光学部材の前面位置と術眼の角膜頂点の位置とに基づいて前記移動ユニットを制御することで、術眼に対して前記インターフェースユニットをアライメントすることを特徴とする眼科用レーザー手術装置。

10

【請求項 4】

請求項 1 ～ 3 のいずれかの眼科用レーザー手術装置において、

前記制御ユニットは、前記断層像取得ユニットによって取得された断層像に基づいてレーザー照射中の術眼の移動を検出し、検出結果に基づいて術眼へのレーザー照射を停止することを特徴とする眼科用レーザー手術装置。

【請求項 5】

請求項 1 ～ 4 の眼科用レーザー手術装置において、

前記制御ユニットは、前記センサによって検出された前記眼球固定ユニットの位置に基づいて、前記眼球固定ユニットの位置を示すシンボルをモニタ上に表示することを特徴とする眼科用レーザー手術装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、術眼にレーザー光を照射して組織の切断等の手術をするための眼科用レーザー手術装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、パルスレーザーのパルス幅がフェムト秒オーダーである超短パルスのレーザービームを照射して患者眼（術眼）の角膜、水晶体等の組織を切断（破碎）する技術が提案されている（例えば、特許文献 1、2 参照）。このような装置では、眼球組織のターゲット位置にレーザーを集光させ、レーザースポットを形成し、眼球組織が機械的に破壊（切断）される。このような装置では、レーザースポットを 3 次元的に移動させ、レーザースポットを連続的に繋げることによって眼球組織を切開等する。このような装置では、レーザー照射中に眼球が動いてしまわないようにするために眼球を吸着する吸着ユニットと、レーザースポットを精度よく導光する（光学系の位置決めをする）ために角膜を圧平等するインターフェイスユニット（コンタクトユニット）を備えている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2000 - 116694 号公報

40

【特許文献 2】特表 2004 - 531344 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は、術眼に応じて好適な眼球固定ができる眼科用レーザー手術装置を提供することを技術課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、上記課題を解決するために、以下の構成を有することを特徴とする。

（1）手術用のレーザー光をターゲット位置に照射させる照射光学系であってレーザー光

50

のスポットを３次元的に移動させる移動光学系を有するレーザ照射光学系を内蔵する装置本体を備え、装置本体に設けられたレーザ照射口を介してレーザ光により術眼を手術する眼科用レーザ手術装置において、

前記装置本体に取り付けられた眼球固定ユニットと、

前記眼球固定ユニットを術眼に対して移動させる移動ユニットと、

術眼の断層像を取得する断層像取得ユニットと、

前記眼球固定ユニットの位置を検出するためのセンサと、

前記断層像取得ユニットによって取得された断層像に基づいて術眼の位置を特定し、特定した前記術眼の位置と、前記センサによって検出された前記眼球固定ユニットの位置とに基づいて前記移動ユニットを制御することで、術眼に対して前記眼球固定ユニットをアライメントする制御ユニットと、  
を備える、ことを特徴とする。

10

【発明の効果】

【０００７】

本発明によれば、術眼に応じて好適な眼球固定ができる。

【発明を実施するための形態】

【０００８】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。図１は、本実施形態である眼科用レーザ手術装置の概略構成図である。図２は、眼球固定ユニットの構成図である。本実施形態においては、術眼Ｅの軸方向（奥行方向）をＺ方向、水平方向をＸ方向、鉛直方向をＹ方向として説明する。

20

【０００９】

<装置の全体構成>

装置の構成の概略を説明する。本装置は、術眼（患者眼）Ｅの眼球組織（水晶体ＬＥ）に手術用のレーザ光（レーザビーム）を照射し、水晶体の切断・破碎を行う眼科用レーザ手術装置である。

【００１０】

眼科用レーザ治療装置５００は、大別して、パルスレーザ光を術眼Ｅに照射するレーザ照射ユニット（本体部）１００と、レーザ照射ユニット１００に対して術眼Ｅの眼球を固定保持する眼球固定・インターフェイスユニット２００、術眼Ｅの前眼部の正面像及び前眼部の断層像を撮影するための観察・撮影ユニット３００、装置５００を操作するための操作ユニット４００、装置全体を統括制御する制御部７０、を備えている。観察・撮影ユニット３００は、術眼Ｅの断層像を撮影（取得）するための光干渉断層像撮影ユニット（（ＯＣＴ：Optical Coherence Tomography）ユニットと略す）３１０と、術眼Ｅの前眼部像を撮影する正面観察ユニット３５０と、を備えている。

30

【００１１】

<レーザ照射ユニット>

レーザ照射ユニット１００は、手術用のパルスレーザ光（レーザビーム）を出射するレーザ光源ユニット１１０と、レーザ光を導光するための光学部材を含むレーザ照射光学系１２０と、術眼の絶対位置を検出する位置検出ユニット１９０と、を備えている。レーザ照射光学系１２０は、装置本体に内蔵されている。レーザ照射光学系（レーザデリバリ）１２０は、レーザスポットをＺ方向に沿って移動させるためのビームエキスパンダユニット１３０、レーザスポットをＸＹ方向に移動させる走査部１４０、レーザ光をレーザスポットとしてターゲット位置に集光させる集光光学系（結像光学系）としての対物レンズ１５０、レーザ光を導光するための各種光学部材、を備えている。

40

【００１２】

レーザ光源ユニット１１０は、集光点（集光されたレーザスポット）でプラズマを発生させる（ブレイクダウンを起こす）パルスレーザを出射するレーザ光源である。レーザスポットでは、プラズマが発生する。プラズマによってターゲット位置（スポット）でブレイクダウン（光破壊）が起こり、ターゲット位置の眼球組織が機械的に破壊される。レー

50

ザスポットが繋げられることによって、眼球組織である水晶体が切断、破碎される。レーザ光源ユニット110としては、1フェムト秒から10ナノ秒のパルス幅のパルスレーザ光を出射するデバイスが用いられる。本実施形態では、10ピコ秒のパルス幅を持ち、450nmを中心波長として $\pm 10$ nmの波長幅を持つ紫外域のパルスレーザを出射するレーザ光源を用いる。また、レーザ光源ユニット110には、レーザスポットのスポットサイズが1~15 $\mu$ mでブレイクダウンを発生させる出力のレーザ光を出射可能なレーザ光源を用いる。なお、レーザ光源としては、パルス幅500フェムト秒で、波中心波長が、1040nm(波長幅は、 $\pm 10$ nm)である赤外域のパルスレーザ光を出射するデバイスを用いてもよい。

#### 【0013】

ビームエキスパンダユニット130(以下、単にエキスパンダという)は、複数の光学素子を備え、エキスパンダ130を通過したパルスレーザ光のビームの発散状態を変更することによって、レーザスポットをZ方向(光軸L1上)に沿って移動させる。本実施形態のエキスパンダ130は、上流側(レーザ光源ユニット110側)から負の屈折力を持つレンズと、正の屈折力を持つレンズと、を配置し、上流側のレンズを光軸に沿って移動させる構成とする。これにより、エキスパンダ130を出射したビームの発散状態(発散角、収束角、等)が変えられる。対物レンズ150に入射するパルスレーザ光の発散状態によって、レーザスポットの集光位置がZ方向上で変わることとなる。

#### 【0014】

走査ユニット(光スキャナユニット)140は、X方向にレーザ光を移動させるためのガルバノミラーと、Y方向にレーザ光を移動させるためのガルバノミラーと、を備えている。なお、走査ユニット140としては、レーザ光をXY方向に走査できる構成であればよい。例えば、X方向の走査をポリゴンミラーとし、Y方向の走査をガルバノミラーとする構成としてもよい。また、レゾナントミラーをX方向とY方向に対応させて用いる構成としてもよい。また、2つのプリズムを独立して回転させる構成でもよい、

このようにして、エキスパンダ130と走査ユニット140によって、レーザスポットが、術眼Eの眼球組織内(ターゲット内)で3次元的(XYZ方向)に移動される。エキスパンダ130と走査ユニット140によって移動光学系が構成される。エキスパンダ130が走査ユニット140より上流に配置されることにより、レーザ光がXY方向に振られた後でエキスパンダ130を通過することがない。このため、エキスパンダ130の光学部材の有効径、サイズを小さくできる。ここでは、レンズ131を小さくできることで、レーザスポットのZ方向の移動を早くできる。

#### 【0015】

走査ユニット140と対物レンズ150の間には、レーザ光軸と観察・撮影光軸を同軸とするためのビームコンバイナ(ビームスプリッタ)301が配置される。コンバイナ301は、パルスレーザ光を反射し、観察・撮影ユニットの照明光を透過する特性を有している。対物レンズ150は、装置本体に対して固定的に配置されたレンズである。図2に示すように、対物レンズ150は、装置本体に固定されたレンズホルダ151に保持される。対物レンズ150は、レーザ光をスポットサイズが、1~15 $\mu$ m程度の微小なレーザスポットとしてターゲットに結像させる。

#### 【0016】

なお、図示は略すが、術者がレーザ照射位置を確認するための照準光(エイミング光)を出射するエイミング光源をレーザ照射ユニット100に設ける。

#### 【0017】

##### <位置検出ユニット>

位置検出ユニット190は、レーザ照射光学系120を共用する。位置検出ユニット190は、共焦点開口板、受光素子を備えている。共焦点開口板の開口は、レーザスポットの位置の共役とされる。これにより、受光素子は、レーザスポット位置の光(組織での反射光)を検出できる。エキスパンダ130、走査ユニット140の光学素子の位置情報から、レーザスポットの絶対位置での情報を取得できる。例えば、レーザスポット位置の反

10

20

30

40

50

射光を受光素子で受光し、光強度を得ることによって、絶対位置が定まったレーザスポット（ターゲット）位置の情報が得られる。なお、絶対位置の検出において、レーザ光源ユニット１１０の出力は、減衰器等によって低下させ、レーザスポット位置でのブレイクダウンを発生させないようにする。なお、

位置検出ユニットは、術眼の特徴部分の絶対位置を検出する構成としたが、この構成に限るものではない。位置検出動作によって、レーザ照射光学系１２０の制御情報を得る構成としてもよい。

#### 【００１８】

< 眼球固定・インターフェイスユニットユニット >

眼球固定・インターフェイスユニット２００は、術眼Ｅの眼球をレーザ照射光学系１２０（装置本体）に対して固定（保持）し、術眼Ｅの組織にレーザ光を導光する役割を持つ。眼球固定・インターフェイスユニット２００は、レーザ照射光学系１２０の端部周辺（対物レンズ１５０周辺）に配置される。対物レンズ１５０は、装置本体に固定的に配置されたホルダ１５１に保持されている。眼球固定・インターフェイスユニット２００は、大別して、術眼Ｅを吸着によって固定するためのサクシジョンリング（吸着ユニット、眼球固定ユニット）２１０、サクシジョンリング２１０を装置本体に対して保持する第１保持ユニット（サクシジョンリング保持ユニット）２５０、術眼Ｅの角膜を覆ってレーザ光を眼球組織に導光するためのインターフェイスユニット２２０、インターフェイスユニット２２０を装置本体に対して保持する第２保持ユニット２６０、を備えている。

#### 【００１９】

サクシジョンリング２１０は、術眼Ｅの強膜に接触する接触部となるリング２１１、リング２１１を支える支持部２１２、リング２１１に吸引圧を付加する流路（通気孔）である吸引用パイプ２１４、支持部２１２を貫通して形成された流路（貫通孔）であって液体を供給・排出するための液体供給排出用のパイプ２１５、を備えている。サクシジョンリング２１０は、支持部２１２の基端に形成された基部２１３からリング２１１に向かってテーパとなる円錐形状となっている。サクシジョンリング２１０は、吸引ポンプ（図示を略す）から付加される吸引圧をパイプ２１４を介してリング２１１に伝達（付加）する。

#### 【００２０】

リング２１１は、強膜の曲面に沿う開口を有する。リング２１１の開口は眼球の輪部（角膜周辺部）を囲う形状であり、リング２１１にあわせたリング形状となっている。これにより、眼球がリング２１１に対して均一に吸着される。支持部２１２は、眼球をリング２１１に吸着させて状態で支持部２１２の内側に液体が満たすことができるように、リング２１１（眼球）を囲う壁状となっている。また、サクシジョンリング２１０において、支持部２１２の内側にインターフェイスユニット２２０が接触（干渉）することなく収まるような空間が形成されている。支持部２１２の基部２１３は、支持部２１２が第１保持ユニット２５０と着脱可能となるような形状（嵌合形状）となっている（詳細は後述する）。パイプ２１４には、装置本体の設けられた（又は別ユニットの）吸引ポンプからの吸引チューブが接続される。吸引ポンプの操作により発生した吸引圧によって、吸引チューブ、パイプ２１４、リング２１１内が負圧となり、術眼Ｅの強膜がリング２１１の開口に吸着される。パイプ２１５の端部（開口）は、支持部２１２の内壁の形成される。パイプ２１５には、図示を略す灌流吸引ユニットにチューブ等を介して接続される。レーザ照射前には、灌流吸引ユニットの動作により、サクシジョンリング２１０内に液体が供給される。手術後には、サクシジョンリング２１０内の液体が排出される。なお、液体は、パイプ２１５を介して供給されるだけの構成であってもよい。術がにサクシジョンリング２１０を術眼Ｅから取り外す作業により、液体を廃棄する構成としてもよい。

#### 【００２１】

サクシジョンリング２１０は、生体適合性を有する樹脂、金属、等の素材で形成されている。サクシジョンリング２１０は、一回の使用で廃棄されるディスポーザブルタイプとなっている。このため、第１保持ユニット２５０に対して着脱可能な構成となることが好ましい。

## 【 0 0 2 2 】

第 1 保持ユニット 2 5 0 は、装置本体側に取り付けられている。第 1 保持ユニット 2 5 0 は、基部 2 1 3 と嵌合する保持部（嵌合部）2 5 1、保持部 2 5 1 の基端に形成された基部 2 5 2 の移動方向を Z 方向にガイドするレール（シャフト）2 5 3、基部 2 5 2 の上下に配置される弾性部材 2 5 4、保持部 2 5 1 の移動を規制する規制部 2 5 5、保持部 2 5 1 の Z 方向での位置を検出するセンサ 2 5 6、を備えている。

## 【 0 0 2 3 】

保持部 2 5 1 は、対物レンズ 1 5 0 の径よりも大きい径のリング形状である。保持部 2 5 1（の先端）は、支持部 2 1 2 を着脱可能に保持するために、支持部 2 1 2 の基部 2 1 3 と互いに嵌め合う構造を備えている。保持部 2 5 1 は、サクシヨンリング 2 1 0 を保持すると共に位置決めする役割を持っている。例えば、保持部 2 5 1 には溝（リング状の溝）が形成され、基部 2 1 3 には突起（リング状の突起）が形成される構造とする。基部 2 1 3 が保持部 2 5 1 に押し付けられることによって溝に突起が嵌合し、サクシヨンリング 2 1 0 が保持部 2 5 1 に保持される。

## 【 0 0 2 4 】

他の構成としては、保持部 2 5 1 と基部 2 1 3 に互いに螺合するネジ山が形成されており、サクシヨンリング 2 1 0 の回転によって、保持部 2 5 1 に基部 2 1 3 が螺合する（嵌合する）構成としてもよい。また、磁力、吸引等によって、基部 2 1 3 を保持部 2 5 1 を着脱可能に保持させる構成としてもよい。

## 【 0 0 2 5 】

保持部 2 5 1 の基部 2 5 2 は、保持部 2 5 1 のフランジを形成する。保持部 2 5 1 の基部 2 5 2 は、リング形状である。基部 2 5 2 にレール 2 5 3 が嵌る穴（符号を略す）が Z 方向に沿って形成されている。レール 2 5 3 は、装置本体に固定的に配置され、基部 2 5 2 の移動方向を Z 方向とするために Z 方向（上下方向と一致）に沿って配置される。弾性部材 2 5 4 は、基部 2 5 2 の上側と下側にそれぞれ配置されている。保持部 2 5 1 の基部 2 5 2 とレール 2 5 3 が、第 1 保持ユニット 2 5 0、サクシヨンリング 2 1 0 を Z 方向に移動可能とする移動機構である。第 1 保持ユニット 2 5 0 は、サクシヨンリング 2 1 0 を移動させる移動ユニット（アライメントユニット）として用いられる。弾性部材 2 5 4 は、レール 2 5 3 に沿って Z 方向に配置され、基部 2 5 2 を Z 方向に付勢する。弾性部材 2 5 4 としては、付勢力（復元力）を持つものであればバネ、ゴム等が用いられる。基部 2 5 2 の上側に位置する弾性部材 2 5 4 は上端が固定され、下端が基部 2 5 2 に接している（固定されている）。基部 2 5 2 の下側に位置する弾性部材 2 5 4 は、上側を基部 2 5 2 に接しており（固定されており）、下端が固定されている。基部 2 5 2 の下側に位置する弾性部材 2 5 4 は、基部 2 5 2 を上方へと付勢する。基部 2 5 2 の上側に位置する弾性部材 2 5 4 は、基部 2 5 2 を下方へと付勢する。弾性部材 2 5 4 により基部 2 5 2（保持部 2 5 1 等）は、均衡してレール 2 5 3 上に位置することとなる。

## 【 0 0 2 6 】

基部 2 5 2 が弾性部材 2 5 4 に付勢された状態で、基部 2 5 2 に過剰な力が加わると、基部 2 5 2（保持部 2 5 1）が力を受けて逃げることとなる。例えば、術眼 E がサクシヨンリング 2 1 0 に吸着された状態で、サクシヨンリング 2 1 0 が下方に移動するような場合、術眼 E はサクシヨンリング 2 1 0 に押される。術眼 E が受ける圧力が、弾性部材 2 5 4 の付勢力を超えると、基部 2 5 2 は、上方への力を受ける。サクシヨンリング 2 1 0、保持部 2 5 1、基部 2 5 2 は上方へ移動する（逃げる）。これにより、術眼 E は、一定以上の押圧を受けにくくなる（術眼 E への力が緩衝される）。このようにして、第 1 保持ユニット 2 5 0 は、Z 方向の力に対する緩衝機構を備えることとなる。このようにして、第 1 保持ユニット 2 5 0（移動ユニット）は、緩衝機構を備えることとなる。

## 【 0 0 2 7 】

規制部 2 5 5 は、基部 2 5 2 の Z 方向での位置を固定する（ロックする）役割を持つ。ここでは、規制部 2 5 5 は、基部 2 5 2 を把持する機構を有し、指令信号に基づいて、Z 方向における何れかの位置で基部 2 5 2 の位置を固定する構成となっている。規制部 2 5

10

20

30

40

50

5 は、制御ユニット 70 と接続されており、制御ユニット 70 からの信号に基づいて基部 252 の固定（規制）を行う。

【0028】

センサ 256 は、保持部 251 の Z 方向の位置を検出する役割を持つ。例えば、センサ 256 は、保持部 251 の位置を検出するポテンシオメータとする。センサ 256 は、制御ユニット 70 に接続されており、位置検出情報を制御ユニット 70 へと送る。制御ユニット 70 は、センサ 256 からの検出信号に基づいて規制部 255 に指令信号を送り、基部 252 の位置を固定する。規制部 255 が基部 252 を固定する条件としては、例えば、レーザ照射光学系 120（対物レンズ 150）に対して、術眼 E の位置が光学的にレーザ照射に適切な範囲（アライメント範囲）にある位置とする。サクシジョンリング 210、保持部 251、基部 252、のサイズは設計的に既知である。このため、センサ 256 の検出信号を受けた制御ユニット 70 は、対物レンズ 150 に対するリング 211 の位置を把握できる。

10

【0029】

なお、センサ 256 は、フォトセンサであってもよい。例えば、基部 252 に遮光板を取り付ける構成とする。フォトセンサと遮光板により、フォトインタラプタを構成する。この場合、フォトセンサは、基部 252 が一定の範囲内にあるときに制御ユニット 70 に検出信号を送る構成とする。

【0030】

インターフェイスユニット 220 は、術眼 E の角膜に近接し、角膜の屈折力の弱めて、レーザ光を水晶体等の眼球組織に到達（集光）し易くする役割を持つ。本実施形態のインターフェイスユニット 220 は、角膜に直接接触することなく、少なくとも角膜の一部を覆う構成とする。インターフェイスユニット 220 は、角膜を覆う光学部材であるカバーガラス（コンタクトガラス）221、カバーガラス 221 を支持する支持部 222、を備える。インターフェイスユニット 220 は、支持部 222 の基端に形成された基部 223 を介して第 2 保持部 260 に設置されている。

20

【0031】

カバーガラス（カバー）221 は、角膜を覆う部材であり、少なくともレーザスポットが集光される NA をカバーするサイズとなっている。カバーガラス 221 は、透光性を有する透明部材であり、例えば、ガラス、樹脂によって形成される。本実施形態では、カバーガラス 221 は、平面状（板状）となっている。カバーガラス 221 は、後述する液体の液面に位置し、液体を覆う役割を持つ。支持部 222 は、円錐状に形成されたテーパ状の部材であり、円錐の先端箇所でカバーガラス 221 を支持する。基部 223 には、第 2 保持ユニット 260 に着脱可能に保持されるように、互いに嵌め合う嵌合部が形成されている。

30

【0032】

インターフェイスユニット 220 は、サクシジョンリング 210 の内側に収まる形状である。インターフェイスユニット 220 の各部材は、生体適合性を有する素材で形成される。インターフェイスユニット 220 は、サクシジョンリング 210 と同様にディスポーザブルタイプとなっている。

40

【0033】

第 2 保持ユニット（インターフェイスユニット保持ユニット）260 は、第 1 保持ユニット 250 と同様に装置本体に設けられ、対物レンズ 150 の周辺に配置される。第 2 保持ユニット 260 は、第 1 保持ユニット 250 の内側に配置される。第 2 保持ユニット 260 は、支持部 222 の基部 223 と嵌合して支持部 222 を保持するための保持部（嵌合部）261、保持部 261 の基端に形成された基部 262 の移動方向を Z 方向にガイドする送りネジ（シャフト）263、基部 262 を移動させるために送りネジ 263 を回転させる駆動部 264、を備えている。

【0034】

保持部 261 は、対物レンズ 150 を囲うリング形状の部材である。保持部 261 は、

50

支持部 2 2 2 を着脱可能に保持するために支持部 2 2 2 と互いに嵌め合う構成となっている。保持部 2 6 1 の基部 2 6 2 は、保持部 2 6 1 のフランジを形成する。保持部 2 6 1 の基部 2 6 2 は、基部 2 5 2 の径よりも小さい径のリング状部材である。

【 0 0 3 5 】

基部 2 6 2 には図示を略す雌メジが上下方向に沿って形勢されており、送りネジ 2 6 3 と螺合する。駆動部 2 6 3 は、例えば、パルスモータである。駆動部 2 6 4 の軸に送りネジ 2 6 3 が固定される。これにより、送りネジ 2 6 3 を軸回転される。送りネジ 2 6 3 の回転により、基部 2 6 2 が Z 方向に沿って送られる。基部 2 6 2、送りネジ 2 6 3 によって、移動機構が構成される。また、基部 2 6 2、送りネジ 2 6 3、駆動部 2 6 4 によりインターフェイスユニット 2 2 0、第 2 保持ユニット 2 6 0 を移動可能とする移動ユニット (アライメントユニット) が構成される。駆動部 2 6 4 は、制御ユニット 7 0 に接続されており、制御ユニット 7 0 の指令信号に基づいて保持部 2 6 1 を移動させ、インターフェイスユニット 2 2 0 を Z 方向に沿って移動させる。制御ユニット 7 0 は、操作ユニット 4 0 0 で入力された操作信号を指令信号として駆動部 2 6 4 に送り、インターフェイスユニット 2 2 0 を移動させる。本実施形態では、術者が、操作ユニット 4 0 0 を用いて、カバーガラス 2 2 1 の位置を定める構成となっている。

10

【 0 0 3 6 】

インターフェイスユニット 2 2 0 は、サクシヨンリング 2 1 0 に吸着された術眼 E の角膜に当接する。このとき、サクシヨンリング 2 1 0 の内側には、液体 (生理食塩水) L Q が満たされている。カバーガラス 2 2 1 は、角膜に直接接触することなく、液体を介して角膜と当接する。カバーガラス 2 2 1、液体 L Q により、角膜の屈折力がキャンセルされ、レーザ光は、対物レンズ 1 5 0 からターゲットである水晶体まで屈折することなく導光される。

20

【 0 0 3 7 】

なお、インターフェイスユニット 2 2 0 は、角膜に直接接触する構成であってもよい。例えば、カバーガラスを角膜に接触させて、角膜を圧平し、レーザ光を照射する眼球組織 (角膜実質) の位置決めを行う構成とする。角膜がカバーガラスと接触することによって、角膜の絶対位置がレーザ照射光学系に対して決まることとなる。この場合、カバーガラスは、角膜内等のレーザ照射領域をカバーするように角膜を覆う接触面を有していればよい。

30

【 0 0 3 8 】

このようにして、サクシヨンリング 2 1 0 とインターフェイスユニット 2 2 0 は、独立して Z 方向に移動可能とさせることができる。また、本実施形態では、サクシヨンリング 2 1 0、インターフェイスユニット 2 2 0 は、X Y 方向に動くことがない構成であるため、術眼 E の吸着等の作業がし易くなる。

【 0 0 3 9 】

装置 5 0 0 において、レーザ照射ユニット 1 0 0、眼球固定・インターフェイスユニット 2 0 0 を術眼 E にアライメントさせるための (粗動の) アライメントユニット 1 8 0 を備える。移動ユニット 1 8 0 は、眼球固定・インターフェイスユニット 2 0 0 等の本体の一部を移動させる移動機構と、移動機構を駆動する駆動部 (モータ、アクチュエータ等) を持ち、レーザ照射ユニット 1 0 0 (の光軸 L 1)、眼球固定・インターフェイスユニット 2 0 0 (の中心軸) を、術眼 E に対して 3 次元方向に移動させる。ここでは、光軸 L 1 と、眼球固定・インターフェイスユニット 2 0 0 の中心軸、一致している。また、サクシヨンリング 2 1 0 の中心軸と、インターフェイスユニット 2 2 0 の中心軸とは一致している。移動ユニット 1 8 0 は、制御ユニット 7 0 に接続されており、操作ユニット 4 0 0 からの操作信号に基づいてレーザ照射ユニット 1 0 0 眼球固定・インターフェイスユニット 2 0 0 を移動させる。術者は、モニタ 4 2 0 に表示される術眼 E を確認しながら、X Y 方向の位置合せ (X Y アライメント) を行い、Z 方向の位置を合わせ (Z アライメント) を行う。ここでは、少なくともレーザ照射ユニット 1 0 0 と眼球固定・インターフェイスユニット 2 0 0 が一体的に移動する。移動ユニット 1 8 0 は、サクシヨンリング 2 1 0 及びイ

40

50



インターフェイスユニット 220 を Z 方向に沿って移動させるアライメントユニットとなる。アライメントユニットは内部にエンコーダ等のセンサを備えている。このため、眼球固定・インターフェイスユニット 200 等の位置は制御ユニット 70 に取得される。なお、アライメント移動ユニットは、少なくとも Z 方向に移動する構成であればよい。例えば、レーザ照射ユニット 100 及び眼球固定・インターフェイスユニット 200 が手術顕微鏡等の別装置（レーザ照射ユニット 100 と連結されている）に取り付けられる構成で、XY アライメントを術者が持って移動させる構成であってもよい。

#### 【0040】

##### < 観察・撮影ユニット >

観察・撮影ユニット 300 は、術眼 E の断層像を取得する OCT ユニット 310 と、術眼 E の正面像を取得する正面像取得ユニット 350 と、を備えている。観察・撮影ユニット 300 は、ビームコンバイナ 301 によって、レーザ光軸 L1 と同軸とされる。観察・撮影ユニット 300 の光軸 L2 とされる。光軸 L2 はビームコンバイナ 302 により、OCT ユニット 310 の光軸 L3 に分けられる。ビームコンバイナ 302 は、ダイクロイックミラーであり、OCT ユニット 310 の測定光を反射し、正面観察ユニット 350 用の照明光（の反射光）を透過する特性を有している。

#### 【0041】

##### < 光断層像撮影ユニット >

光干渉断層像撮影ユニット（OCT ユニット）310 は、対物レンズ 150 を共用し、術眼 E（の前眼部）の断層像を撮影するための干渉光学系（OCT 光学系）320 を備えている。

#### 【0042】

OCT 光学系 320 は、術眼 E に測定光を照射する。OCT 光学系 320 は、術眼 E から反射された測定光と、参照光との干渉状態を受光素子（検出器 325）によって検出する。OCT 光学系 320 は、術眼 E の撮像位置を変更するため、術底 E における測定光の照射位置を変更する照射位置変更ユニットである光スキャナ 330 を備える。光スキャナ 330 は、制御ユニット 70 に接続されており、制御ユニット 70 は、設定された撮像位置情報に基づいて光スキャナ 330 の動作を制御し、検出器 325 からの受光信号に基づいて断層像を取得する。

#### 【0043】

OCT 光学系 320 は、いわゆる眼科用光断層干渉計の装置構成を持ち、本実施形態においては、少なくともパルスレーザ光が照射される前の術眼 E の断層像を撮像する。OCT 光学系 320 は、測定光源 321 から出射された光（赤外光）をカップラー（光分割器）322 によって測定光（試料光）と参照光に分割する。そして、OCT 光学系 320 は、測定光学系によって測定光を術眼 E に導き、参照光を参照光学系 323 に導く。その後、術眼 E によって反射された測定光と、参照光との合成による干渉光を検出器（受光素子）により受光する。検出器は、測定光と参照光との干渉状態を検出する。フーリエドメイン OCT の場合では、干渉光のスペクトル強度が検出器によって検出され、スペクトル強度データに対するフーリエ変換によって所定範囲における深さプロファイル（A スキャン信号）が取得される。例えば、Spectral-Domain OCT（SD-OCT）、Swept-Source OCT（SS-OCT）が挙げられる。また、Time-Domain OCT（TD-OCT）であってもよい。

#### 【0044】

光源から出射された光は、カップラーによって測定光束と参照光束に分割される。測定光束は、光ファイバを通過した後、空气中へ出射される。その光束は、測定光学系及び光スキャナを介して術眼 E に集光される。そして、術眼 E で反射された光は、同様の光路を経て光ファイバに戻される。参照光学系は、術眼 E での測定光の反射によって取得される反射光と合成される参照光を生成する。

#### 【0045】

参照光学系は、参照光路中の光学部材を移動させることにより、測定光と参照光との光

10

20

30

40

50

路長差を変更する構成を有する。例えば、参照ミラーが光軸方向に移動される。光路長差を変更するための構成は、測定光学系の測定光路中に配置されてもよい。

【0046】

OCTユニット310は、測定光束を偏向するための光スキャナを備える。光スキャナは、回転軸が互いに直交した2つのガルバノミラーによって構成される。光スキャナは、制御ユニット70からの指令信号に基づいて、測定光束を2次的に偏向する機能を有する。光スキャナは、術眼EでXY方向（横断方向）に測定光を走査させる。本実施形態では、術眼Eの前眼部で測定光を走査する構成とする。例えば、光スキャナ330を、直線状（例えば、Y方向）に動作させ、検出器で取得した深さ情報（奥行情報）を直線状に並べることによって断層像を得る（いわゆる、Bスキャン）。

10

【0047】

このようにして、光源から出射された光束はその反射（進行）方向が変化され、前眼部で任意の方向に走査される。これにより、術眼Eの撮像位置が変更される。光スキャナとしては、光を偏向させる構成であればよい。例えば、反射ミラー（ガルバノミラー、ポリゴンミラー、レゾナントスキャナ）の他、光の進行方向を変化させる（偏向させる）音響光学素子（AOM）等が用いられる。なお、上記OCTユニットの詳しい構成については、例えば、特開2008-29467号公報を参考にされたい。

【0048】

<正面観察ユニット>

正面観察ユニット350は、術眼Eの前眼部の正面像を取得する機能を有する。本実施形態では、正面観察ユニット350は、可視光により照明された術眼Eの前眼部像を撮影し、後述するモニタに表示する。正面観察ユニット350は、観察光学系（正面像観察光学系）を備え、2次元の撮像素子を備えるカメラユニットと、観察像をリレーするためのリレーレンズを備える。正面像観察ユニット350は、対物レンズ150を共用している。また、術眼Eの前方周辺には、可視照明光を発光する照明光源390が配置されている。撮影された正面像は、制御ユニット70へと送られる。

20

【0049】

<操作ユニット>

操作ユニット400は、レーザ照射ユニット100から治療レーザ光を出射させるトリガ信号を入力するためのトリガスイッチ410、術眼Eの断層像、前眼部像を表示したり、手術条件を表示する表示手段であるモニタ420、を備える。モニタ420は、タッチパネル機能を有し、手術条件の設定、断層像上での手術部位の設定を行う入力手段を兼ねる。なお、ポインティングデバイスであるマウス、数値、文字等を入力するため入力デバイスであるキーボード、等を入力手段として用いることもできる。

30

【0050】

モニタ420は、術眼Eの前眼部を表示する前眼部表示部430、術眼Eの前眼部の断層像を表示するOCT像表示部440、手術条件を表示する手術条件表示部450、眼球固定するための操作を行う眼球固定操作部（眼球固定・インタフェース操作部）460、レーザ照射ユニット100等の移動を操作する移動ユニット操作部470、を備えている。

40

【0051】

OCT像表示部440では、術者により手術部位（レーザ照射の範囲）がグラフィカルに指定される。モニタ420上で指定された手術部位は、OCT像上での領域を指定する信号として制御ユニット70へと送られる。手術条件表示部450では、術者の操作により、水晶体を破碎（切開）する治療レーザ光の照射パターンが設定される。照射パターンは予め複数用意されており、術者の選択によって設定される。手術条件表示部450で、照射パターンが設定されると、モニタ420は、設定信号を制御ユニット70へと送る。なお、本実施形態では、レーザ出力、レーザスポットのスポットサイズ、等は不変とし、術者が設定を変更しないものとしているが、術者により設定する構成としてもよい。

【0052】

50

ＯＣＴ像表示部４４０（モニタ４２０）は、術者がサクションリング２１０、インターフェイスユニット２２０の位置合わせを視覚的に行いやすいように、ＯＣＴ像上にサクションリング２１０、インターフェイスユニット２２０をグラフィカルに表示する役割を持つ。

#### 【００５３】

本実施形態では、ＯＣＴ像表示部４４０において、少なくともサクションリング２１０、インターフェイスユニット２２０の位置決めが完了するまでは、ＯＣＴ像が動画表示される。ＯＣＴ像では、術眼Ｅの角膜及び角膜周辺（輪部周辺の強膜、サクションリング２１０（リング２１１）が写り込んで撮影されている。ここでは、眼球固定時のＯＣＴ像では、少なくとも術眼Ｅの角膜と、リング２１１が含まれる。カバーガラス２２１の位置決め時のＯＣＴ像では、少なくとも、角膜とカバーガラス２２１が含まれる。

10

#### 【００５４】

眼球固定操作部４６０には、サクションリング２１０（リング２１１）に付加される吸引圧を設定する吸引圧設定部４６１、サクションリング２１０により眼球を吸着する指令信号を入力する吸引スイッチ４６２、サクションリング２１０内に液体を供給する指令信号を入力する供給スイッチ４６３、サクションリング２１０内から液体を排出する指令信号を入力する排出スイッチ４６４、インターフェイスユニット２２０の位置（高さ位置）を調節するための上下動スイッチ４６５、が配置されている。

#### 【００５５】

吸引圧設定部４６１が操作されると、吸引圧の数値を設定するためのテンキーが表示される。数値を入力すると、設定値としてメモリ７１（後述）に記憶される。制御ユニット７０は、設定された吸引圧に基づいて吸引ポンプを制御する。吸引スイッチ４６２が操作されると、リング２１１に付加（印加）される吸引圧がオン・オフされる。スイッチ４６３が操作されると、指令信号が制御ユニット７０へと送られる。信号を受けた制御ユニット７０は、灌流吸引ユニットを制御し、パイプ２１５を介して液体をサクションリング２１０内に供給し、一定の水位とする。スイッチ４６４が操作されると、指令信号が制御ユニット７０へと送られる。信号を受けた制御ユニット７０は、吸引排出ユニットを制御し、パイプ２１５を介してサクションリング２１０内の液体を排出する。スイッチ４６５には、上方に向いたカーソル４６５ａと、下方に向いたカーソル４６５ｂと、を含む。カーソル４６５ａが操作されると、インターフェイスユニット２２０をＺ方向に沿って上方向に移動させるための指令信号（操作信号）が制御ユニット７０へと送られる。信号を受けた制御ユニット７０は、駆動部２６４を制御し、カバーガラス２２１を上方へと移動させる。逆に、カーソル４６５ｂが操作されると、制御ユニット７０は、カバーガラス２２１を下方へと移動させる。詳細は後述するが、術者は、モニタ４２０に表示される術眼Ｅの動画像を見ながら眼球固定ユニットを移動させ、眼球固定を行う。このため、モニタ４２０は、眼球固定ユニットを位置決めするための手段（モニタリングユニット）となる。

20

30

#### 【００５６】

移動ユニット操作部４７０は、移動ユニット１８０に、ＸＹＺ方向に移動させる指令信号（操作信号）を入力するための入力手段となっている。操作部２７０は、Ｘ方向、Ｙ方向、Ｚ方向のそれぞれに対して正負の方向に配置されたカーソルを備えている。カーソルが操作されることで、方向に対応した指令信号が制御ユニット７０へと送られる。

40

#### 【００５７】

##### < 制御系 >

装置５００全体を統括・制御（表示制御、駆動制御）する制御ユニット７０は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）である。制御ユニット７０には、レーザ光源ユニット１１０、エキスパンダ１３０、走査ユニット１４０、位置検出ユニット１９０、規制部２５５、センサ２５６、駆動部２６４、ＯＣＴユニット３１０、正面観察ユニット３５０、操作ユニット４００（トリガスイッチ４１０、モニタ４２０）、移動ユニット１８０、吸引ポンプ、灌流吸引ユニット、が接続される。また、制御ユニット７０には、手術条件、照射パターン（レーザスポットを移動させるパターン）、眼球固定・インターフェイスユニッ

50

ト 200 の制御プログラム、等を記憶するメモリ 71 が接続される。また、制御ユニット 70 には、作業終了、警告等を術者に報知するためのブザー 72 が接続される。眼球固定ユニット 160、照明光源 390 は、個別に駆動される。

【0058】

制御ユニット 70 は、眼球固定・インターフェイスユニット 200 で術眼 E の固定が完了した後に、位置検出ユニット 190 を用いて術眼 E の特徴部位（水晶体前囊）の絶対位置を取得して、レーザ照射位置の補正を行う（アライメント）。

【0059】

制御ユニット 70 は、手術用のレーザ光の照射よりも前に、OCT 像表示部 440 で設定された手術部位（領域）と、位置検出ユニット 190 で取得した絶対情報とに基づき、手術用のレーザ光を照射するための位置情報を補正する。制御ユニット 70 は、補正された手術部位、手術条件、照射パターンに基づいてレーザ光源ユニット 110 からレーザ光を出射し、エキスパンダユニット 130（駆動部 135）、走査ユニット（ガルバノミラー 141 及び 144）を制御して、レーザスポットを眼球組織で移動させ、眼球組織を切断、破碎する。

【0060】

制御ユニット 70 は、眼球固定操作部 470 からの指令信号に基づいてアライメントユニット 180 を駆動制御し、眼球固定・インターフェイスユニット 200 をレーザ照射ユニット 100 と共に、XYZ 方向に移動させる。これにより、眼球固定・インターフェイスユニット 200 の XY 方向の位置合せと、Z 方向の粗銅の位置合せが行える。

【0061】

制御ユニット 70 は、OCT ユニット 310 等で取得した断層像を画像処理し、眼球固定・インターフェイスユニット 200、術眼 E の組織の位置、形状を取得（検出、算出）、表示（表示制御）を行う役割を持つ。また、制御ユニット 70 は、断層像を表示する、又は、画像処理結果に基づいて眼球固定・インターフェイスユニット 200 の駆動制御をすることによって眼球固定・インターフェイスユニット 200 の位置をモニタリングするモニタリングユニットの機能（の一部）を担う。

【0062】

<手術の流れ>

次に、手術の流れを、眼球固定動作を中心に説明する。図 3 は、眼球固定・インターフェイスユニット 200 において、インターフェイスユニット 220 が最上部にある状態を示している。図 4 は、OCT 像表示部 440 を示した図である。

【0063】

術者は、保持部 251 にサクシジョンリング 210 を、保持部 261 にインターフェイスユニット 220 を取り付け。術者は、モニタ 420 の手術条件表示部 450 を操作し、手術条件を設定する。ここでは、水晶体を破碎するための照射パターンを選択する。照射パターンとしては、例えば、水晶体の前囊だけを切開するパターン、前囊切開及び水晶体核を分割するパターン（例えば、二分割、四分割、八分割、等）、前囊切開及び水晶体核を小片に破碎するパターン、等から選択する。また、吸引設定部 461 で眼球固定時の吸引圧を設定する。照射パターンの設定信号、吸引圧の設定信号は、制御ユニット 70 へと送られ、メモリ 71 に記憶される。

【0064】

次に、術者は、ベッド等に寝た患者（被術者）の術眼 E に、装置本体の光軸 L1 を位置決め（XY アライメント）する。装置本体を Z 方向に移動させて、サクシジョンリング 210（リング 211）を術眼 E の強膜に接近させる。このとき、術者は、前眼部表示部 430 と、OCT 像表示部 440 に表示される動画像を見ながら作業する。術者は、サクシジョンリング 210 の強膜に対する接触状態を動画像（正面像、OCT 像）を見ながら確認する。制御ユニット 70 は、OCT ユニット 310 で取得した動画像である OCT 像を画像処理し、術眼 E の角膜形状を抽出して角膜頂点の位置を抽出する。また、制御ユニット 70 は、術眼 E の虹彩を抽出して瞳孔中心位置を得る。そして、制御ユニット 70 は、角膜

10

20

30

40

50

頂点と瞳孔中心を通る線を術眼 E の方向（眼球の軸を示す軸情報）とする。制御ユニット 70 は、OCT 像上に軸を示すシンボル（マーク）A1 を重畳表示する。また、制御ユニット 70 は、正面像取得ユニット 350 で取得した正面像を画像処理し、瞳孔中心位置を抽出する。制御ユニット 70 は、瞳孔中心位置を示すシンボル A2 を正面像に重畳表示する。シンボル A1、A2 は、リアルタイムに更新表示される。これにより、術者は、モニタ 420 を見ながら、術眼 E の方向を確認でき、サクシジョンリング 210 の中心に術眼 E の中心軸を位置合せしやすい。なお、シンボル A2 は、角膜頂点位置を示すものであってもよい。また、シンボル A2 は、シンボル A1（角膜頂点位置）を示す構成であってもよい。この場合、B スキャンの方向が異なる複数の OCT 像においてそれぞれ角膜頂点位置を抽出することが好ましい。

10

#### 【0065】

サクシジョンリング 210 が術眼 E の強膜に接触した後も、術者は装置本体を Z 方向に下げる。このとき、第 1 保持ユニット 250 の緩衝機構により、サクシジョンリング 210 は術眼 E に過剰な圧力を掛けにくい。制御ユニット 70 は、センサ 256 の検出信号をモニタし、サクシジョンリング 210 がアライメント範囲内に位置したか否かを判定する。サクシジョンリング 210 がアライメント範囲内に位置したと判定されると、制御ユニット 70 は、規制部 255 に指令信号を送る。規制部 255 は、指令信号に基づいてサクシジョンリング 210 の移動をロックする。制御ユニット 70 は、ブザー 72 を制御し、サクシジョンリング 210 の移動がロックされたことを術者に報知する。術者は、スイッチ 462 を操作して術眼 E をサクシジョンリング 210 に吸着させる。術者がスイッチ 463 を操作すると、液体がサクシジョンリング 210 内に満たされる。なお、制御ユニット 70 が、サクシジョンリング 210 の移動のロックと共に、吸引を開始する構成としてもよい。また、制御ユニット 70 が、サクシジョンリング 210 での吸着完了に基づいて、液体を供給する構成としてもよい。

20

#### 【0066】

次に、術者は、インターフェイスユニット 220 を角膜に対して位置決めさせる。術者は、OCT 像を見ながら、カバーガラス 221 の位置（Z 方向での高さ位置）と、角膜の位置を確認しながら、カーソル 265b（或いは、カーソル 265a）を操作して、角膜（頂点）に対してカバーガラス 221 前面（下面）が、一定の位置関係となるようにする。位置関係としては、角膜頂点とカバーガラス 221 前面が、1mm 程度の距離とする。これは、液体の表面の揺れの影響を受けず、カバーガラス 221 が直接角膜に接触して患者に負担を掛けてしまわない距離である。

30

#### 【0067】

制御ユニット 70 は、操作ユニット 400 で入力された操作信号を指令信号として駆動部 264 に送る。制御ユニット 70 は、駆動部 264 を駆動させ、インターフェイスユニット 220 を被検眼に対して Z 方向に移動させる。制御ユニット 70 は、操作ユニット 400 からの操作信号がオフとなったとき、駆動部 264 の駆動を停止させ、インターフェイスユニット 220 を停止させる。なお、制御ユニット 70 が、OCT 像の画像処理により、カバーガラス 221 前面の位置と、角膜頂点の位置とを検出してカバーガラス 221 の位置決めを行う構成としてもよい。

40

#### 【0068】

このようにして、術眼 E の眼球が固定され、カバーガラス 211 が位置決めされる。術者が、OCT 像等の動画像を見ながら、サクシジョンリング、インターフェイスユニットの Z 方向の移動を行うことで、簡単に位置決め作業が行える。また、術眼の動画像を確認することで、術眼によって異なる強膜、角膜の位置に対応で、術眼に応じて好適な眼球固定ができる。

#### 【0069】

また、本実施形態の装置は、装置本体に設けられたサクシジョンリングとインターフェイスユニットを独立してそれぞれ Z 方向に移動可能な構成を持ち、サクシジョンリングによって固定された術眼に対してインターフェイスユニットを移動させる。これにより、サクシ

50

ョンリングによって固定された術眼とインターフェイスユニットの位置関係を好適に調整できるため、術眼によって異なる強膜、角膜の位置に対応で、術眼に応じて好適な眼球固定ができる。さらに、インターフェイスユニットは、Z方向のガイド機構によってXY方向への移動が規制された状態にて、サクシジョンリングに対してZ方向に移動可能であるため、インターフェイスユニットとサクシジョンリングとのXY方向のずれの発生を回避できる。

【0070】

また、本実施形態の装置は、装置本体に設けられたサクシジョンリングとインターフェイスユニットを独立してそれぞれZ方向に移動可能な構成を持ち、術眼に対するサクシジョンリングの固定、サクシジョンリングによって固定された術眼とインターフェイスユニットの位置関係の調整を、スムーズに行うことができ、効率的な手術が行える。

10

【0071】

眼球固定が完了すると、術者は、手術部位の設定を行う。術者は、OCT像表示部440のスイッチを操作し、プランニングを行う。プランニングが完了すると、制御ユニット70は、位置検出ユニット190を制御して、術眼Eの眼球組織の特徴部位の絶対位置を取得し、レーザ照射位置情報の補正を行う。補正結果はメモリ71に記憶される。

【0072】

術者が、トリガスイッチ410を操作すると、制御ユニット70はトリガ信号に基いて設定された手術条件、照射パターン、補正されたレーザ照射位置情報、に基づいてレーザ照射を行う（レーザ照射光学系120の制御）。

20

【0073】

レーザ照射によって、術眼の水晶体が切断、破砕され、水晶体前囊が切開される。制御ユニット70は、レーザ照射が完了すると、ブザー72によって術者に報知する。術者は、スイッチ465aを操作して、インターフェイスユニット220を上方へと移動させる。また、術者は、スイッチ464を操作して、サクシジョンリング210内の液体を排出させる。そして、術者は、スイッチ462を操作してサクシジョンリング210による吸着を解除し、サクシジョンリング210を術眼Eから取り外す。なお、レーザ照射完了後の処理を、制御ユニット70が行う構成としてもよい。

【0074】

眼球固定・インターフェイスユニット200が取り外された術眼は、別の手術装置、例えば、超音波白内障手術装置によって、手術される。

30

【0075】

なお、以上の説明では、サクシジョンリング、インターフェイスユニットは、ディスプレイタイプ（ワンユースタイプ）としたが、これに限るものではない。眼球の固定ができればよく、リユースタイプであってもよい。この場合、繰り返し滅菌が可能な素材、ステンレス鋼、ガラス、等を用いて、それぞれのユニットを形成する。

【0076】

なお、以上説明した本実施形態では、サクシジョンリングによる術眼の吸着の後に、インターフェイスユニットを術眼に当接させる構成としたが、これに限るものではない。眼球固定が行えればよく、作業の順番が逆であってもよい。

40

【0077】

なお、以上の説明では、サクシジョンリング、インターフェイスユニットは、Z方向に移動する構成となっていたが、これに限るものではない。2つのユニットが、独立して移動する構成であればよく、それぞれのユニットが、XY方向（或いは回転）する構成であってもよい。

【0078】

なお、以上の説明では、サクシジョンリングが移動する構成となっていたが、これに限るものではない。サクシジョンリングとインターフェイスユニットが相対的に移動する構成であればよい。例えば、サクシジョンリングをZ方向に移動させる機構は必ずしも必要ない。

【0079】

50

なお、以上の説明では、OCT像には撮影した画像（動画像）を用いて眼球固定ユニットの位置決めを行う構成としたが、これに限るものではない。例えば、少なくともサクシジョンリングのリングの位置を示すシンボル（イラスト、フレーム等）をOCT像に重畳表示する構成としてもよい。例えば、サクシジョンリングの部材の構成、第1保持ユニットのセンサの検出信号から、サクシジョンリングのリングの位置を求め、OCT像に表示させる構成としてもよい。これによって、画像に写りこみにくい部材の位置をモニタ上で確認できる。

#### 【0080】

また、制御ユニット等の画像処理によってOCT像から術眼の形状を抽出して、眼球固定等に利用する構成としてもよい。例えば、眼球固定動作の前に取得したOCT像（別の撮影装置で取得したOCT像でもよい）を画像処理し、角膜形状と、サクシジョンリングが接触する角膜周辺の形状（眼球形状）を抽出しておく。眼球形状は、角膜頂点付近を通る直交するライン（Bスキャン）によって取得された3次元形状であることがこのましい。眼球固定動作の際に、術眼の角膜形状を取得して、予め取得していた角膜形状とマッチングさせることによって、術眼の角膜周辺の形状と位置を取得する。得られた角膜周辺の形状と位置をOCT像上にシンボル表示する構成とする。これにより、OCTユニットで角膜周辺を撮影できなくても、術者が角膜周辺の位置を確認（予測）しながらサクシジョンリングの位置決めが行える。

#### 【0081】

なお、以上の説明では、OCTユニットが、眼球固定ユニット、インターフェイスユニットの少なくとも一部が含むOCT像を取得する構成としたが、これに限るものではない。OCT像上で眼球固定ユニット等の位置、形状がわかる構成であればよい。例えば、眼球固定ユニット等の一部を示すイラスト等をOCT像上にシンボルとして表示する構成としてもよい。具体的には、制御ユニットが、サクシジョンリングの位置をセンサ、アライメントユニットの情報（位置の検出結果）により取得し、OCT像上にサクシジョンリングを模した形状のイラストを表示する。イラストは、サクシジョンリングの設計情報から形状を模す。制御ユニットは、センサの位置情報に基づき表示を更新する。OCT像上のイラストによって、術者は、サクシジョンリングの位置を知ることができ、位置合せがし易くなる。インターフェイスユニットの場合も同様に、駆動部、アライメントユニットの情報を取得し、インターフェイスユニットのイラスト（少なくとも）カバーガラスを示すをOCT像上に表示する。なお、眼球固定ユニット、インターフェイスユニットの一部がOCT像に含まれていてもシンボル表示してもよい。

#### 【0082】

なお、以上の説明では、サクシジョンリング、インターフェイスユニットの位置合せを、術者の操作により行う構成としたが、これに限るものではない。各ユニットの位置合せができる構成であればよい。例えば、制御ユニットが、OCT像等に基づいて術眼の位置を特定し、眼球固定ユニット等の位置を調整する構成としてもよい。具体的には、制御ユニットが、サクシジョンリングユニットの設計情報とサクシジョンリング内のセンサの検出結果に基づいてサクシジョンリングの位置を取得する。また、OCT像からサクシジョンリングが接触する輪部の位置を取得する（又は）、角膜形状から予測する）。また、制御ユニットは、術眼の軸を得ておき、これらの情報を用いて、サクシジョンリングのXYZ方向のアライメント、吸着動作を行う構成とする。インターフェイスユニットの場合も同様に、術眼の角膜（頂点）位置及びカバーガラスの形状と位置と、予め設定された角膜とカバーガラスの位置関係（カバーガラスの高さ）とに基づいてインターフェイスユニットのZ方向のアライメントを行う構成とする。

#### 【0083】

また、眼球固定・インターフェイスユニット（レーザ照射ユニット）のXYの位置を、制御ユニットが位置合せする構成としてもよい。制御ユニットは、OCT像から取得した角膜頂点位置又は瞳孔中心位置と、眼球固定・インターフェイスユニットの中心軸（光軸L1）とのXY方向の差を算出する。制御ユニットは、算出結果の差がなくなるようにア

10

20

30

40

50

ライメントユニットを制御して眼球固定・インターフェイスユニットを移動させる。このとき、術眼の軸が中心軸に一致するようにアライメントユニットを制御する。

【 0 0 8 4 】

なお、以上の説明では、OCT像の動画像をモニタに表示させる構成としたが、これに限るものではない。制御ユニットが、眼球ユニット等の位置合せを行う場合のモニタリングができる構成であればよい。撮影されたOCT像は内部で処理される構成としてもよい。この場合、制御ユニットがモニタリングユニットとして機能することとなる。

【 0 0 8 5 】

なお、以上の説明では、断層像撮影ユニットとして、OCTユニットを用いる構成としたが、これに限るものではない。術眼の奥行情報、断層像を撮影できればよい。例えば、シャインブルーカメラユニットを用いる構成としてもよい。

【 0 0 8 6 】

なお、以上の説明では、OCT像等をレーザ照射前（手術前）の眼球固定ユニットの位置合せに用いる構成としたが、これに限るものではない。レーザ照射中（手術中）に、OCT像を用いて眼球固定の状態をモニタ（確認）する構成としてもよい。例えば、制御ユニットが、画像処理により、OCT像から術眼の移動を検出する構成とする。制御ユニットが、OCT像から角膜形状、角膜頂点位置、等の術眼の特徴部分の情報を得ておく。制御ユニットが、特徴部分の位置をモニタして、特徴部分の移動を検出する。例えば、サクシヨンブレイク等によって眼球が移動してしまった場合、制御ユニットは、検出結果に基づいてレーザ照射を停止し、術者に報知する構成とする。このような場合、サクシヨンリングの吸引圧をモニタするセンサを用いた吸着状態の検出と比べて、吸着状態の検出を早くできる。また、吸着状態に限らず、OCT像等から術眼の変化を検出し、レーザ照射を停止する、レーザ照射（の位置）を補正する制御を行う構成としてもよい。

【 0 0 8 7 】

なお、以上の説明では、眼球固定ユニットの少なくとも一部、インターフェイスユニットの少なくとも一部、がOCT像に写り込む構成としたが、これに限るものではない。インターフェイスユニットの位置合せができる構成であればよく、インターフェイスユニットの一部がOCT像に写り込めばよい。これによって、画像表示、画像処理での角膜とインターフェイスユニットに位置関係が取得しやすい。

【 0 0 8 8 】

なお、以上の説明では、眼球固定ユニットの一部、インターフェイスユニットの一部がOCT像に写り込む構成としたが、これに限るものではない。角膜に対して眼球固定ユニット、インターフェイスユニットの位置合せができる構成であればよい。各ユニットは必ずしもOCT像に写り込まなくてもよい。OCTユニットと角膜（表面）の位置関係は、撮影されたOCT像から取得できる。このため、OCTユニットと眼球固定ユニット、インターフェイスユニットの位置関係を定めることによって、眼球固定ユニット等が写り込まないOCT像を利用して角膜（術眼）と眼球固定ユニットの位置関係を取得して、各ユニットの位置合せを行うことができる。

【 0 0 8 9 】

なお、以上の説明では、OCT像を利用した眼球固定ユニット、インターフェイスユニットの位置合せにおいて、各ユニットが装置本体に固定的に配置された構成であったが、これに限るものではない。レーザ照射ユニットに対して眼球を固定する構成であればよい。例えば、眼球固定ユニットは装置とは独立したユニットであってもよい。この場合、眼球固定作業において、OCT像等を用いることによって、独立した眼球固定ユニットの位置決めがし易くなる。

【 0 0 9 0 】

なお、以上の説明では、眼球固定ユニット（サクシヨンリング）は、眼球を吸引して、吸着固定する構成としたが、これに限るものではない。眼球を固定できる構成であればよい。例えば、眼球に接触し、眼球の動きを抑制する眼球固定ユニットであってもよい。

【 0 0 9 1 】



なお、以上の説明では、パルスレーザー光を備える眼科用レーザー手術装置を例に挙げたが、これに限るものではない。術眼（患者眼）の眼球を固定し、固定した術眼の眼球組織にレーザー光を照射して手術、治療を行う構成であればよい。例えば、選択的線維柱帯形成術（Selective Laser Trabeculoplasty）を行うための眼科用レーザー手術装置であってもよい。この場合、レーザー光は、可視光のパルスレーザー等であり、レーザースポットのサイズは、数百 $\mu\text{m}$ とされ、術眼隅角の線維柱帯に照射される。

【0092】

以上のように本発明は実施形態に限られず、種々の変容が可能であり、本発明はこのような変容も技術思想を同一にする範囲において含むものである。

【図面の簡単な説明】

10

【0093】

【図1】本実施形態の眼科用レーザー手術装置の構成図である。

【図2】眼球固定・インターフェイスユニットの断面図である

【図3】インターフェイスユニットが最上位の位置にある眼球固定・インターフェイスユニットの断面図である。

【図4】モニタ表示を説明する図たる。

【符号の説明】

【0094】

100 レーザ照射ユニット

200 眼球固定・インターフェイスユニット

20

210 サクションリング

211 リング

220 インターフェイスユニット

221 カバーガラス

250 第1保持ユニット

260 第2保持ユニット

310 OCTユニット

400 操作ユニット

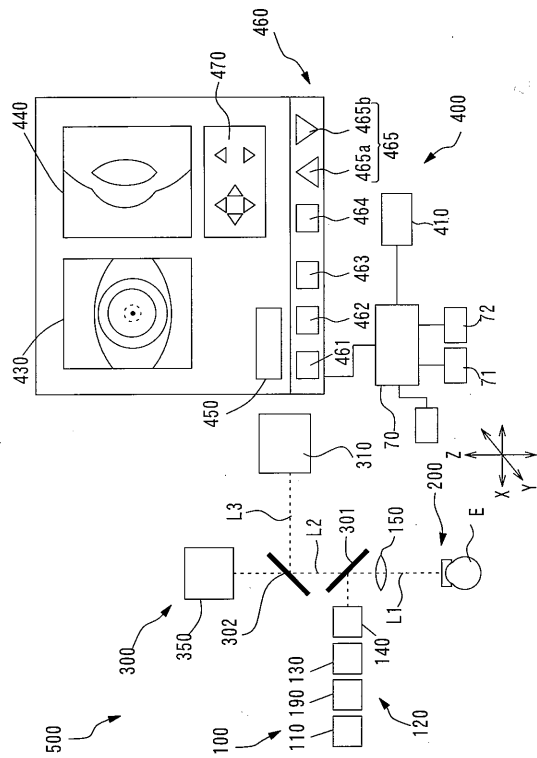
420 モニタ

440 OCT像表示部

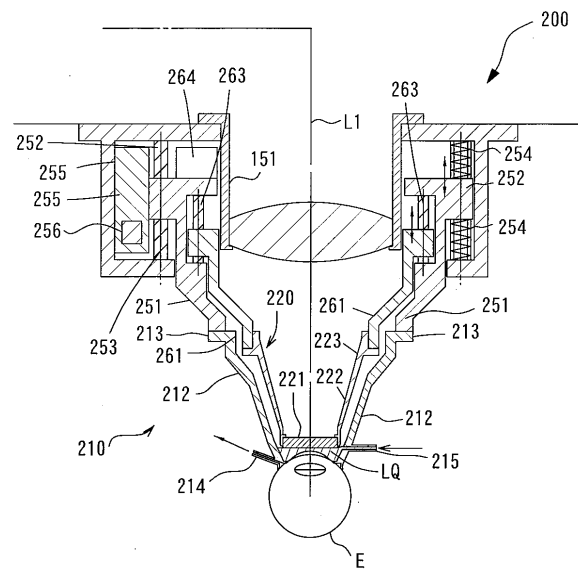
30

500 眼科用レーザー手術装置

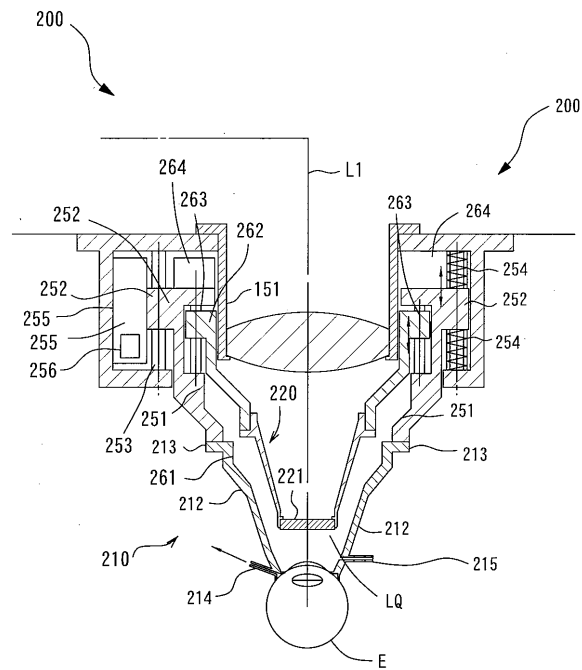
【図 1】



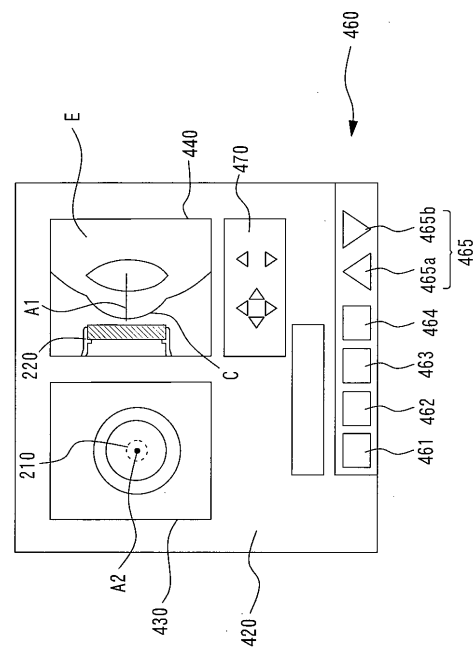
【図 2】



【図 3】



【図 4】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2011/159627(WO,A2)  
国際公開第2010/079550(WO,A1)  
特表2010-538700(JP,A)  
国際公開第2010/112041(WO,A1)  
特表2008-531103(JP,A)  
特開平06-277248(JP,A)  
米国特許出願公開第2011/0190741(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)  
A61F 9/009